

## PERENCANAAN LOW HEAD MIKRO HIDRO DI DUSUN IV DESA WALATANA KEC. DOLO SELATAN KABUPATEN SIGI

*Oleh :  
Alifi Yunar*

### ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) memerlukan pengembangan lebih lanjut, yaitu PLTMH yang dapat dibangun pada daerah dengan kemiringan yang relatif kecil. Hal ini dibutuhkan mengingat perkembangan penduduk yang cenderung terkumpul pada daerah yang lebih datar dari pada daerah pegunungan.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dengan pengumpulan data lapangan dan data literatur. Dengan demikian diperoleh secara langsung hasil penelitian yang diolah menjadi perencanaan pembangunan PLTMH untuk daerah yang mempunyai kemiringan kecil.

Dari data studi literatur diperoleh hasil lokasi yang dipilih untuk studi adalah Dusun IV, Desa Walatana Kec. Dolo Selatan Kab. Sigi. Sungai yang digunakan untuk Studi PLTMH adalah sungai Sidio dengan hasil perhitungan bahwa debit andalan adalah sebesar 0,172 m<sup>3</sup>/det pada lokasi rencana. Tipe turbin yang digunakan adalah tipe baling baling dengan penempatan turbin didalam saluran jatuh air dari bak penampung.

Dari hasil tinjauan dan pengukuran lapangan untuk kemudian dibuat desain sistim PLTMH yang terdiri dari, intake, saluran pengendap sedimen, saluran pembuang lubang pipa hisap untuk memutar turbin baling baling dan outlet. Sedangkan daya listrik yang dihasilkan listrik tersebut adalah sebesar 2,032 KiloWatt atau sebesar 2032 Watt.

**Kata Kunci :** PLTMH ,data literatur, data lapangan, debit, daya

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Program Pengembangan Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH) merupakan salah satu prioritas pembangunan yang dilaksanakan pemerintah yang diarahkan kepada peningkatan kondisi ekonomi dan sosial masyarakat pedesaan. Pada kondisi demikian dapat diharapkan adanya peningkatan taraf hidup dan kesejahteraannya. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa sebagai negara agraris, maka peningkatan perekonomian daerah pedesaan tidak hanya sebagai salah satu wujud nyata pemerataan pembangunan, tetapi peningkatan perekonomian desa akan juga membantu ekonomi nasional secara keseluruhan. Dalam hal ini penyediaan tenaga listrik di pedesaan merupakan salah satu sarana yang akan mempercepat upaya peningkatan kesejahteraan bangsa secara keseluruhan.

Oleh sebab itu perlu diupayakan pengembangan dan pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan (renewable energy) dengan tetap berpegang pada prinsip

menguntungkan secara ekonomis, layak secara teknis, diterima secara sosial budaya dan tidak menyebabkan pengrusakan lingkungan.

### 1.2. Tujuan dan Manfaat

Tujuan perencanaan *Low Head* Mikro Hidro Di dusun IV Kec. Dolo Selatan :

1. Melakukan prakiraan investasi pembangunan PLTMH dengan menentukan kelayakan teknis dan ekonomi.
2. Membuat desain dasar perencanaan *Low Head* Mikro Hidro Di dusun IV Kec. Dolo Selatan.
3. Membuat perencanaan tersebut menjadi contoh pembangunan *Low Head* Mikro Hidro Di dusun IV Kec. Dolo Selatan untuk sungai yang mempunyai beda tinggi rendah ( *low head* )

Adapun manfaat studi ini adalah :

1. Dengan desain dasar yang sesuai dengan kondisi lapangan sebagai hasil studi perencanaan ini dapat menjadi masukan pada perancangan *Low Head* Mikro Hidro.
2. Bagi masyarakat di sekitar pembangunan *Low Head* Mikro Hidro

<sup>1)</sup> Staf Pengajar pada Prog. Studi. Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

tersebut dapat menikmati listrik yang dihasilkannya.

### 1.3. Lingkup Studi

Rencana Pembangkit listrik dengan *Low Head* Mikro Hidro mempunyai langkah-langkah yang ditempuh yang mencakup kegiatan sebagai berikut:

- Identifikasi potensi topografi, identifikasi sumber daya air, dan tingkat kebutuhan energi listrik.
- Membuat desain dasar sistem *Low Head* Mikro Hidro yang sesuai dengan kondisi lapangan, dimana lokasi penelitian tersebut di lakukan.

### 1.4. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan ini disusun menurut urutan dan isi sebagai berikut

- Bab 1. Pendahuluan, menyangkut latar belakang studi kelayakan, tujuan, manfaat, lingkup pekerjaan studi kelayakan ini dan sistematika penulisan laporan.
- Bab 2. Kondisi Daerah Studi, menyajikan informasi tentang kondisi eksisting tentang geografi, sosial ekonomi, topografi, hidrologi, klimatologi, kelistrikan, dan jalan akses menuju lokasi studi.
- Bab 3. Analisis Hidrologi, meliputi analisis besarnya debit aliran bulanan untuk beberapa tahun dan durasi kejadian menurut besarnya debit.
- Bab 4. Disain dasar, meliputi analisis, perhitungan dan pertimbangan perencanaan pekerjaan bangunan sipil, elektro mekanik, dan saluran transmisi.
- Bab 5. Kesimpulan dan rekomendasi, meliputi: kesimpulan studi ini, usulan pada tindak lanjut terutama pada tahap disain rinci, dan pelaksanaan.

## II. KONDISI UMUM DAERAH STUDI

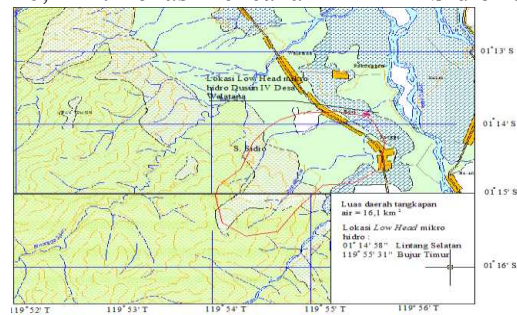
### 2.1. Geografi

Dusun IV Desa Walatana adalah bagian wilayah administrasi kecamatan Dolo Selatan merupakan hasil pemekaran

Kecamatan Dolo berada pada di Kabupaten Sigi dengan batasan wilayah sebagai berikut:

- Sebelah Utara berbatasan dengan Ranubaya
- Sebelah Barat berbatasan dengan Bora
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Ranga
- Sebelah Timur berbatasan dengan Sungai Miu

Jarak antara Dusun IV dengan Sigi Biromaru adalah  $\pm 40$  km dan dengan kota Palu  $\pm 48$  km. Rencana pembangunan *Low Head* Mikro Hidro ini berada pada badan Sungai Sidio. Jarak antara pusat desa Tamodo dengan lokasi rencana *Low Head* Mikro Hidro adalah lebih kurang 5,2 km, dengan Pemukiman terdekat adalah 0,4 km. Luas daerah tangkapan sungai Sidio ditinjau dari posisi PLTMH yang menjadi sumber 16, km<sup>2</sup>. Lokasi rencana PLTMH "Sidio" .



Gambar 2.1. Lokasi Rencana Low Head Mikro Hidro Dusun IV desa Walatana

### 2.2. Topografi

#### 2.2.1. Gambaran Umum Lokasi

Jika di telusuri lebih jauh ke arah hulu, ternyata sungai Sidio ini adalah bagian hilir dari sungai Ore yang memanjang kearah selatan-barat pegunungan gawalise di bagian Selatan Kecamatan Dolo Selatan ini. Sehingga setelah di konfirmasi kepada penduduk bahwa mengapa sungai tersebut tidak dapat dimanfaatkan secara baik ? Jawabannya adalah karena lahan pertanian berada empat meter di atas badan sungai dan walaupun pada musim kemarau sungai ini tidak berhenti mengalir. Dari hasil perhitungan debit di lapangan pada musim kemarau pun aliran air dapat mencapai 80 ltr/ det. Ini di sebabkan suplai air dari hulu sungai ore cukup besar masuk ke badan sungai Sidio ini.



Gambar 2.2. Profil debit sungai Sidio



Gambar 2.2. Lokasi bendung Low Head mikro hidro

## 2.3. Hidrologi

### 2.3.1. Umum

Sehubungan dengan pemanfaatan sumber daya air sungai Sidio ini, data hidrologi didapat dari Kantor Departemen Umum Direktorat Jendral Sumber Daya Air Pejabat Pembuat komitmen Satuan kerja Balai Wilayah Sungai Sulawesi III. Stasiun Klimatologi Bora yang terletak di Kecamatan Biromaru pada koordinat 01° 01' 39" lintang Utara dan 119° 55' 33" bujur Timur yang dibangun tahun 1994. Untuk data curah hujan digunakan data dari stasiun data curah hujan Bangga Atas kecamatan Dolo pada koordinat 01° 17' 14" LS dan 119° 54' 01" BT

### 2.3.2. Iklim

Berdasarkan data klimatologi pada stasiun Bora, dengan serial data dari tahun 1995 sampai dengan 2006, dibuatlah tabulasi iklim seperti yang disajikan pada tabel 2.1 sampai dengan 2.4. sebagai berikut:

Tabel 2.1. Tabel data iklim dari stasiun Bora

No.	Tahun	Temperatur Rata2 bul (°C)											
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sep	Oktr	Nop	Des
1	1995	77.0	74.0	77.0	78.0	79.0	84.0	80.0	84.0	85.0	82.0	83.0	82.0
2	1996	77.0	74.0	77.0	78.0	79.0	84.0	80.0	84.0	85.0	82.0	83.0	82.0
3	1997	80.0	79.0	79.0	77.0	77.0	76.0	76.0	75.0	74.0	77.0	79.0	79.0
4	1998	72.0	76.0	75.0	77.0	80.0	78.0	77.0	79.0	76.0	76.0	79.0	73.0
5	1999	74.0	75.0	74.0	76.0	73.0	71.0	71.0	72.0	74.0	73.0	73.0	73.0
6	2000	76.0	76.0	74.0	75.0	72.0	81.0	80.0	86.0	74.0	74.0	78.0	32.0
7	2001	76.0	80.0	78.0	79.0	77.0	74.0	76.0	76.0	74.0	77.0	76.0	74.0
8	2002	74.5	79.4	81.5	77.5	77.0	78.8	74.5	72.3	71.3	75.4	79.9	79.1
9	2003	80.0	78.5	81.1	73.3	78.3	78.2	79.3	77.2	80.6	79.6	79.9	82.0
10	2004	78.7	79.4	81.5	79.7	79.9	76.6	78.2	77.8	77.6	80.0	79.6	79.6
11	2005	77.1	77.9	77.0	75.6	76.3	79.3	77.5	77.3	78.9	79.6	78.7	79.5
12	2006	76.4	82.5	79.0	79.6	77.5	76.9	76.1	78.7	78.4	78.5	78.8	78.8
Jumlah		918.7	931.7	934.1	925.7	862.0	937.8	925.6	933.3	928.8	934.1	947.9	894.0
Jumlah Data (n)		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Maksimum		80.0	82.5	81.5	79.7	77.0	84.0	80.0	84.0	85.0	82.0	83.0	82.0
Minimum		72.0	74.0	74.0	73.3	72.0	71.0	71.0	72.0	71.3	73.0	73.0	32.0
Rata-rata		76.5	78.0	77.9	77.1	74.0	77.6	76.9	77.2	76.7	77.5	78.6	73.8

No.	Tahun	Temperatur Rata2 bul (°C)											
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sep	Oktr	Nop	Des
1	1995	77.0	74.0	77.0	78.0	79.0	84.0	80.0	84.0	85.0	82.0	83.0	82.0
2	1996	77.0	74.0	77.0	78.0	79.0	84.0	80.0	84.0	85.0	82.0	83.0	82.0
3	1997	80.0	79.0	79.0	77.0	77.0	76.0	76.0	75.0	74.0	77.0	79.0	79.0
4	1998	72.0	76.0	75.0	77.0	80.0	78.0	77.0	79.0	76.0	76.0	79.0	73.0
5	1999	74.0	75.0	74.0	76.0	73.0	71.0	71.0	72.0	74.0	73.0	73.0	73.0
6	2000	76.0	76.0	74.0	75.0	72.0	81.0	80.0	80.0	74.0	74.0	78.0	32.0
7	2001	76.0	80.0	78.0	79.0	77.0	74.0	76.0	76.0	74.0	77.0	76.0	74.0
8	2002	74.5	79.4	81.5	77.5	77.0	78.8	74.5	72.3	71.3	75.4	79.9	79.1
9	2003	80.0	78.5	81.1	73.3	78.3	78.2	79.3	77.2	80.6	79.6	79.9	82.0
10	2004	78.7	79.4	81.5	79.7	79.9	76.6	78.2	77.8	77.6	80.0	79.6	79.6
11	2005	77.1	77.9	77.0	75.6	76.3	79.3	77.5	77.3	78.9	79.6	78.7	79.5
12	2006	76.4	82.5	79.0	79.6	77.5	76.9	76.1	78.7	78.4	78.5	78.8	78.8
Jumlah		918.7	931.7	934.1	925.7	862.0	937.8	925.6	933.3	928.8	934.1	947.9	894.0
Jumlah Data (n)		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Maksimum		80.0	82.5	81.5	79.7	77.0	84.0	80.0	84.0	85.0	82.0	83.0	82.0
Minimum		72.0	74.0	74.0	73.3	72.0	71.0	71.0	72.0	71.3	73.0	73.0	32.0
Rata-rata		76.5	78.0	77.9	77.1	74.0	77.6	76.9	77.2	76.7	77.5	78.6	73.8

No.	Tahun	Kecepatan Angin (km/jam)											
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sep	Oktr	Nop	Des
1	1995	89.1	80.7	87.8	84.9	73.2	70.9	58.7	53.1	83.5	80.9	301.3	239.9
2	1996	89.1	80.1	87.8	84.9	73.2	70.9	58.7	53.0	83.5	80.9	75.5	65.3
3	1997	68.8	56.8	74.9	99.3	90.0	112.1	93.8	125.1	138.5	130.7	106.1	90.5
4	1998	100.9	113.0	220.3	308.3	79.5	131.8	110.5	157.5	219.1	267.8	34.9	44.3
5	1999	98.1	82.3	105.1	70.5	64.4	69.4	59.1	60.1	62.3	65.5	56.4	69.3
6	2000	76.1	73.8	78.0	62.4	60.4	59.8	79.3	88.5	89.9	52.2	55.3	71.2
7	2001	57.6	41.3	59.2	62.1	57.0	20.7	35.9	67.0	78.2	71.4	64.7	61.7
8	2002	63.9	66.0	72.3	81.4	47.0	57.7	86.5	84.5	100.5	103.4	96.0	89.7
9	2003	60.8	63.0	54.0	62.7	64.3	87.4	71.3	72.5	53.7	51.0	57.6	38.9
10	2004	46.9	102.3	87.2	44.4	41.2	53.0	62.6	76.0	92.3	64.5	50.9	58.5
11	2005	77.9	63.5	61.4	50.3	42.5	26.7	20.9	28.5	34.9	24.5	53.8	41.2
12	2006	45.1	74.3	76.2	52.2	50.6	39.4	65.6	79.4	89.7	67.3	74.4	55.7
Jumlah		874.3	897.1	1064.2	1063.4	743.3	817.8	802.9	945.2	1106.1	1060.1	1026.9	926.2
Jumlah Data (n)		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Maksimum		100.9	113.0	220.3	308.3	90.0	131.8	110.5	157.5	219.1	267.8	106.1	90.5
Minimum		45.1	41.3	54.0	44.4	41.2	20.7	20.9	28.5	34.9	24.5	34.9	38.9
Rata-rata		71.4	74.2	88.8	89.0	60.9	67.9	67.7	81.1	93.0	89.0	66.0	62.4

No.	Tahun	Penyinaran Matahari (jam)											
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sep	Oktr	Nop	Des
1	1995	53.3	44.6	49.3	55.3	64.1	52.6	54.2	51.5	58.9	54.9	48.7	47.2
2	1996	44.6	49.3	55.3	64.1	52.6	54.2	51.0	58.9	54.9	48.7	47.2	35.2
3	1997	48.7	36.1	50.5	66.2	72.1	84.6	65.4	92.0	71.9	63.3	63.8	56.0
4	1998	66.2	72.2	64.3	48.4	44.3	46.0	53.0	54.5	46.9	50.6	44.0	41.0
5	1999	39.2	40.9	38.8	52.5	51.3	54.6	55.5	66.1	46.9	55.6		17.9
6	2000	45.2	44.6	49.7	58.3	65.4	48.7	61.0	62.0	62.0	40.3	54.1	40.0
7	2001	45.9	32.4	48.3	47.5	54.2	56.2	62.3	72.1	58.4	62.7	48.6	48.9
8	2002	55.4	49.0	46.5	62.6	64.4	50.4	82.2	75.8	46.8	61.7	59.7	60.0
9	2003	50.4	45.3	43.4	52.7	65.6	74.1	54.0	58.0	46.9	65.7	58.0	45.6
10	2004	56.0	46.4	51.6	55.0	64.7	66.2	57.6	72.2	60.3	64.9	63.0	61.2
11	2005	54.4	50.3	67.7	56.0	63.6	67.3	62.5	75.2	51.9	58.0	48.9	38.4
12	2006	49.1	51.8	51.2	54.7	71.2	59.4	68.3	63.5	57.5	61.0	56.9	55.1
Jumlah		608.4	562.9	616.6	673.3	733.5	714.3	727.0	798.8	653.3	676.2	538.8	926.5
Jumlah Data (n)		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Maksimum		66.2	72.2	67.7	66.2	72.1	84.6	82.2	92.0	71.9	64.9	63.8	45.6
Minimum		39.2	32.4	38.8	47.5	44.3	46.0	51.0	54.5	46.8	40.3	44.0	10.0
Rata-rata		50.5	47.1	51.6	56.2	60.9	60.2	61.2	67.9	54.9	56.5	54.5	79.9

Memperhatikan iklim rata-rata diatas, tidak ditemukan adanya nilai-nilai yang ekstrim yang dapat menghambat pembangunan dan pengoperasian PLTMH pada lokasi studi.

### 2.3.2. Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan harian pada stasiun Bangga Atas, dengan serial data dari tahun 1995 sampai dengan 2006, dibuatlah tabulasi curah hujan bulanan seperti yang disajikan pada tabel 2.5. sebagai berikut:

Tabel 2.5. Curah Hujan Bulanan Stasiun Bangga Atas (mm/bln.)

URAIAN	SATUAN	KET.	BULAN											
			JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOP	DES
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	1995	166.70	240.40	325.70	106.20	124.60	148.10	141.70	278.20	277.10	219.10	215.00	24.60
2. Hari Hujan (n)	hari		19.00	23.00	21.00	19.00	22.00	23.00	11.00	30.00	13.00	12.00	20.00	4.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	1996	127.20	254.70	136.80	209.70	193.50	205.10	135.60	195.40	177.50	102.70	145.70	77.60
2. Hari Hujan (n)	hari		22.00	21.00	7.00	19.00	21.00	19.00	14.00	22.00	16.00	19.00	24.00	17.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	1997	59.80	132.20	109.20	169.50	0.70	60.20	177.50	6.00	7.00	31.00	117.90	51.50
2. Hari Hujan (n)	hari		16.00	17.00	17.00	17.00	13.00	13.00	16.00	0.00	1.00	7.00	6.00	7.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	1998	14.90	15.60	52.20	109.60	143.00	117.40	354.50	131.90	144.80	0.00	0.00	0.00
2. Hari Hujan (n)	hari		2.00	4.00	16.00	17.00	16.00	12.00	26.00	17.00	13.00	0.00	0.00	0.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	1999	254.00	178.00	204.40	106.00	294.50	180.00	198.00	110.00	92.00	147.50	354.00	176.00
2. Hari Hujan (n)	hari		12.00	9.00	8.00	4.00	10.00	5.00	6.00	6.00	5.00	11.00	7.00	8.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	2000	363.00	181.00	125.00	260.00	73.00	333.00	259.00	258.00	96.00	400.00	367.00	201.00
2. Hari Hujan (n)	hari		15.00	8.00	10.00	10.00	0.00	12.00	8.00	9.00	7.00	11.00	8.00	6.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	2001	117.90	64.30	69.60	135.70	197.70	80.90	27.20	8.00	113.00	77.10	14.10	64.30
2. Hari Hujan (n)	hari		11.00	9.00	7.00	2.00	6.00	9.00	8.00	1.00	6.00	5.00	9.00	9.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	2002	387.20	81.00	93.00	183.00	419.00	313.40	68.00	140.00	169.00	35.00	276.00	359.00
2. Hari Hujan (n)	hari		7.00	7.00	3.00	6.00	6.00	9.00	2.00	3.00	8.00	3.00	12.00	9.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	2003	291.50	258.00	426.00	97.00	295.00	205.00	322.00	172.00	116.00	60.00	76.00	250.00
2. Hari Hujan (n)	hari		10.00	6.00	8.00	4.00	10.00	5.00	11.00	9.00	6.00	6.00	3.00	10.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	2004	208.00	125.00	200.00	183.00	265.00	81.00	168.00	27.00	35.00	26.00	202.00	172.00
2. Hari Hujan (n)	hari		8.00	4.00	10.00	5.00	6.00	4.00	7.00	4.00	6.00	3.00	12.00	8.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	2005	218.00	203.00	82.00	179.00	270.00	133.00	101.00	51.00	90.00	132.60	207.00	204.00
2. Hari Hujan (n)	hari		10.00	10.00	6.00	9.00	13.00	12.00	5.00	4.00	5.00	14.00	9.00	9.00
1. Hujan Bulanan *	mm/bln	2006	320.00	110.00	120.00	20.00	6.00	17.00	90.00	67.00	138.00	144.60	45.00	200.00
2. Hari Hujan (n)	hari		14.00	14.00	9.00	3.00	7.00	8.00	8.00	3.00	6.00	12.00	4.00	15.00

### 2.3.3. Kualitas Air

Saat dilakukan survey tidak tampak adanya tanda-tanda kekhawatiran tentang kualitas air. Hal ini juga ditunjukkan oleh adanya ternak masyarakat yang memakai air sungai ini sebagai air minum.

## III. ANALISIS HIDROLOGI

### Data cathment area (Km<sup>2</sup>).

Berupa peta Rupabumi skala 1 : 50.000 lembar lembar 2014-54 MARANATA (DAS Ore), yang diterbitkan oleh BAKORSUSTANAL. Dari data catchment area tersebut di peroleh luas 16,1 Km<sup>2</sup>.

Tabel 3.1. Hubungan antara T dengan Ea, W dan f(T)

suhu (T)	Ea	W	(1 - W)	f (T)
	mbar	Elevasi 1 - 250 m		
20	23,40	0,68	0,32	14,60
21	24,90	0,70	0,30	14,80
22	26,40	0,71	0,29	15,00
23	28,10	0,72	0,28	15,20
24	29,80	0,73	0,27	15,40
25	31,70	0,74	0,26	15,70
26	33,60	0,75	0,25	15,90
27	35,70	0,76	0,24	16,10
28	37,80	0,77	0,23	16,30
29	40,10	0,78	0,22	16,50
30	42,40	0,78	0,22	16,70
31	44,90	0,79	0,21	17,00
32	47,60	0,80	0,20	17,20
33	50,30	0,81	0,19	17,50
34	53,20	0,81	0,19	17,70
35	56,20	0,82	0,18	17,90
36	59,40	0,83	0,17	18,10
37	62,80	0,84	0,16	18,30
38	66,30	0,84	0,16	18,50
39	69,90	0,85	0,15	18,70

Tabel 3.2. Radiasi ekstra matahari (Ra) dalam evaporasi ekuivalen (mm/hari) dalam hubungan dengan letak lintang (untuk daerah Indonesia, antara 5 LU - 10 LS

Bulan	Letak Lintang									
	50 LU	40 LU	30 LU	20 LU	10 LU	0 LU	10 LS	20 LS	30 LS	40 LS
Januari	14,10	14,30	14,70	15,00	15,30	15,60	15,85	16,10	16,40	16,80
Februari	14,90	15,00	15,30	15,50	15,70	15,80	15,90	16,00	16,30	16,60
Maret	15,40	15,50	15,60	15,70	15,70	15,60	15,50	15,50	15,50	15,50
April	15,40	15,50	15,30	15,30	15,10	14,90	14,80	14,40	14,20	14,00
Mei	15,00	14,90	14,80	14,40	14,10	13,80	13,30	13,10	12,80	12,60
Juni	14,55	14,40	14,20	13,90	13,60	13,20	13,00	12,40	12,00	11,80
Juli	14,75	14,60	14,30	14,10	13,70	13,40	13,25	12,70	12,40	12,20
Agustus	15,15	15,10	14,90	14,80	14,60	14,30	14,15	13,70	13,60	13,50
September	15,30	15,30	15,30	15,30	15,20	15,10	15,05	14,90	14,80	14,80
Oktober	15,05	15,10	15,20	15,40	15,60	16,00	16,05	16,00	16,00	16,00
November	14,35	14,50	14,80	15,10	15,30	15,50	15,85	16,00	16,20	16,40
Desember	13,80	14,10	14,40	14,80	15,10	15,40	15,55	16,00	16,20	16,40
Min	13,80	14,10	14,20	13,90	13,60	13,20	13,00	12,40	12,00	11,80
Maks	15,45	15,50	15,50	15,70	15,70	15,80	15,90	16,10	16,40	16,80
Rata-rata	14,83	14,88	14,90	14,92	14,85	14,75	14,75	14,65	14,61	14,61

Catatan: Posisi PLTMHS, Matugang = 00° 47,2' LU

Catatan Posisi LOW HEAD MIKRO HIDRO S Dusun IV di desa Walatana 01° 01' 25" LU

Tabel 3.3. Maksimum Penyinaran Matahari (N)

Lintang Utara	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nop	Des
	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun
10	11,60	11,80	12,00	12,30	12,60	12,70	12,60	12,40	12,10	11,80	11,60	11,50
5	11,80	11,90	12,00	12,00	12,30	12,30	12,40	12,30	12,10	12,00	11,90	11,80
0	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00

### Metode F.J. Mock

Langkah perhitungan analisis debit tersedia F.J. Mock adalah sebagai berikut :

Data curah hujan bulanan dan jumlah hari hujan

Tentukan presentase lahan terbuka, ditentukan 20% - 50%, atau berdasarkan pengamatan lapangan di daerah cathment area dengan kenaikan/penurunan dalam bulan basah/kering 10%.

Hitung evapotranspirasi potensial dengan metode Penman Modifikasi.



Hitung evapotranspirasi aktual dengan persamaan 3.2.

Hitung keseimbangan

Dari besarnya curah hujan dan evapotranspirasi aktual didapat:

$\Delta s = R - Ea$ . Besarnya kelebihan air (WS) =  $\Delta s$  dikurangi kandungan air tanah. Kandungan air tanah = Perbedaan kelembaban tanah atau sama dengan nol (0).

Kapasitas kelembaban tanah = 100 mm

Hitung limpasan dan penyimpanan dengan penentuan berdasarkan kondisi tanah setempat porous :

Koefisien infiltrasi (i) = 0,40

Infiltrasi (I) = i x WS

Faktor resesi aliran air tanah (K) = 0,60

Volume penyimpanan awal diambil = 100 mm (musim kemarau tetap ada aliran)

Aliran dasar (BF) = I -  $\Delta V_n$

Limpasan langsung (DR) = WS - I + SR

Total limpasan (TRo) = BF + DR + SR

Debit (Qn) =  $TRo \times 10^{-3} \times A \times 10^6 / \text{bln}$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

Analisa perhitungan debit andalan metode F.J. Mock dilakukan setiap tahun untuk beberapa tahun periode. Kemudian hasil perhitungan tersebut direkapitulasi guna menentukan debit andalan (Qn) rata-rata bulanan.

Tabel 3.4. Klimatologi Rata-rata Stasiun Bora

URUTAN	SATUAN	REF.	BULAN											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEPT	OCT	NOV	DES
Temperatur Udara	°C	Data	27.32	27.55	27.52	27.84	26.99	27.23	27.55	27.52	28.05	28.84	27.20	27.58
Kelembaban Relatif (%)	%	Data	76.56	77.97	77.92	77.06	74.027	77.52	76.82	77.71	76.71	77.46	78.63	73.82
Precipitasi Bulanan	mm	Data	50.46	47.82	51.57	56.18	60.85	60.15	61.95	62.94	54.55	56.48	54.46	79.94
Kecepatan angin, u	m/det	Data	71.38	74.72	88.76	88.95	60.92	67.90	67.65	81.80	92.35	89.02	65.96	62.39

Tabel 3.5. Perhitungan Evapotranspirasi Bulanan dengan Metode Penmann Modifikasi

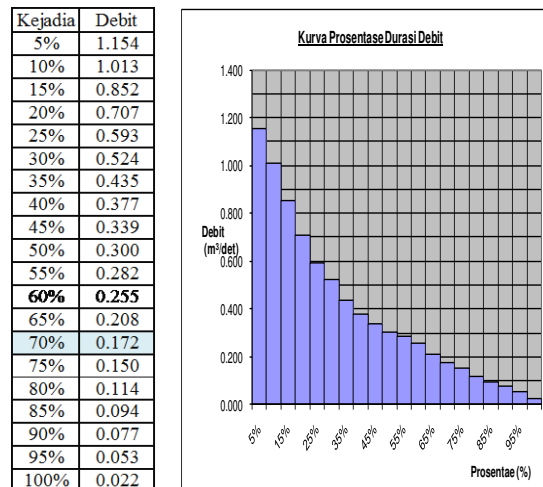
No	TUMBUH	SATUAN	REF.	BULAN											
				JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEPT	OCT	NOV	DES
1	Temperatur Udara	°C	Data	27.32	27.55	27.52	27.84	26.99	27.23	27.55	27.52	28.05	28.84	27.20	27.58
2	Pa (kg)	value	Tabel	35.39	36.42	36.52	36.83	35.69	36.89	36.62	36.79	37.31	37.39	35.96	36.67
3	W		Tabel	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99
4	1 - W		Hitungan	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
5	1/10		Tabel	16.13	16.85	16.89	17.82	16.59	16.85	16.85	16.92	17.36	17.23	16.65	16.87
6	Kandungan Relatif (%)	%	Data	76.56	77.97	77.92	77.06	74.027	77.52	76.82	77.71	76.71	77.46	78.63	73.82
7	ad - es - u - R1		Hitungan	27.838	28.389	28.454	28.548	28.060	27.915	27.896	28.259	28.648	28.818	28.170	28.970
8	$(\frac{1}{10}) - \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_1}{R_3}$		Hitungan	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
9	1 - (1/10) - R1		Hitungan	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
10	Pa		Tabel	35.39	36.42	36.52	36.83	35.69	36.89	36.62	36.79	37.31	37.39	35.96	36.67
11	Precipitasi Bulanan	mm	Data	50.46	47.82	51.57	56.18	60.85	60.15	61.95	62.94	54.55	56.48	54.46	79.94
12	$(\frac{1}{10}) - \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_1}{R_3}$		Hitungan	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
13	$(\frac{1}{10}) - \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_1}{R_3}$		Hitungan	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
14	Kecepatan angin, u	m/det	Data	71.38	74.72	88.76	88.95	60.92	67.90	67.65	81.80	92.35	89.02	65.96	62.39
15	$(\frac{1}{10}) - \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_1}{R_3}$		Hitungan	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
16	$(\frac{1}{10}) - \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_1}{R_3}$		Hitungan	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
17	Angin Kencil		Data	1.10	1.10	1.10	1.10	0.95	0.95	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
18	Pa		Tabel	35.39	36.42	36.52	36.83	35.69	36.89	36.62	36.79	37.31	37.39	35.96	36.67
19	$(\frac{1}{10}) - \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_1}{R_3}$		Hitungan	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
20	Kandungan Relatif (%)	%	Data	76.56	77.97	77.92	77.06	74.027	77.52	76.82	77.71	76.71	77.46	78.63	73.82
21	Pa		Tabel	35.39	36.42	36.52	36.83	35.69	36.89	36.62	36.79	37.31	37.39	35.96	36.67

Tabel 3.6. Debit Sungai Sidio ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

Tahun	BULAN											
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEPT	OCT	NOV	DES
1995	0.47	0.82	1.15	0.94	0.25	0.32	0.25	0.71	0.92	0.68	0.58	0.21
1996	0.30	0.86	0.99	0.68	0.28	0.57	0.27	0.41	0.44	0.18	0.12	0.10
1997	0.28	0.30	0.16	0.38	0.10	0.09	0.32	0.08	0.05	0.04	0.08	0.04
1998	0.25	0.17	0.12	0.10	0.11	0.12	0.03	0.26	0.31	0.11	0.07	0.04
1999	0.85	0.65	0.68	0.28	0.43	0.52	0.55	0.22	0.16	0.21	1.05	0.31
2000	1.30	0.76	0.40	0.90	0.28	1.17	0.92	0.88	0.34	1.57	1.38	0.59
2001	0.29	0.21	0.13	0.25	0.17	0.09	0.05	0.03	0.07	0.06	0.02	0.04
2002	1.42	0.45	0.23	0.52	0.98	1.20	0.95	0.31	0.44	0.15	0.72	1.02
2003	1.01	1.06	1.68	0.47	0.56	0.71	1.12	0.54	0.30	0.18	0.13	0.45
2004	0.67	0.38	0.60	0.57	0.37	0.19	0.36	0.12	0.08	0.05	0.34	0.15
2005	0.71	0.73	0.26	0.50	0.32	0.28	0.15	0.09	0.09	0.10	0.38	0.29
2006	1.12	0.38	0.30	0.15	0.09	0.06	0.08	0.06	0.18	0.17	0.07	0.20

Berdasarkan debit pada tabel 3.6 diatas, disusunlah kurva durasi aliran (*flow duration curve*) seperti pada Gambar 3.7.

Debit andalan yang ekonomis ditentukan menurut pedoman "Technical Participation Manual for Small Hydroelectric Power Development" yang dikeluarkan oleh New Energy Foundation, MITI Japan. Memperhatikan kurva durasi debit aliran, maka dapat dipilih debit disain yang efektif. Pada prosentase kejadian 70 % diperoleh debit sebesar 0,172  $\text{m}^3/\text{det}$ . Dan pada prosentase kejadian 100 % diperoleh debit 0,022  $\text{m}^3/\text{det}$ . Sehingga debit disain ditetapkan sebesar pada kejadian 70 % = 0,172  $\text{m}^3/\text{det}$ .



Gambar 3.1 Debit bulanan sungai Sidio

## IV. DISAIN DASAR

### 4.1. Data Desain

#### 1. Topografi:

- Peta situasi 1 : 1000; menggambarkan rencana letak LOW HEAD MIKRO HIDRO Dusun IV Desa Walatana
- Gambar profil memanjang 1 : 1000, menggambarkan lay out LOW HEAD MIKRO HIDRO secara umum

- Sungai di sekitar bendung
- a. lebar normal sungai = 6 meter
- b. lebar rata-rata dasar sungai = 3 meter
- c. kemiringan rata-rata dasar sungai di sekitar lokasi bendung = 3 %
- d. Elevasi dasar sungai di sekitar rencana bendung = + 204 m dpl  
H gross = 4 m

## 2. Hidrologi:

- Debit rencana  $Q_{\text{desain}} = 0,172 \text{ m}^3/\text{s}$
- Tinggi muka air pada saat banjir maksimum  $h = 1,10 \text{ m}$
- Material sungai di hilir rencana lokasi bendung berupa lumpur berpasir, kerikil hingga batu berukuran diameter 2 s/d 3 cm cm sedangkan di sekitar lokasi bendung berupa tanah lempung.

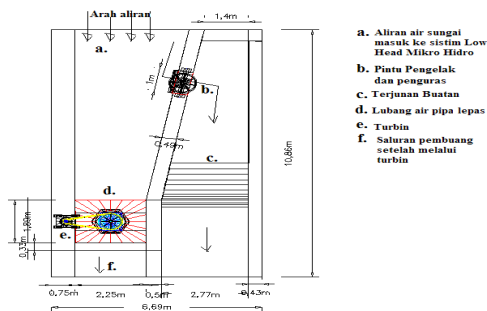
## 4.2. Desain Dasar Pekerjaan Sipil

### 1.3.1. Bangunan Pengalih Aliran (Cofferdam)

Pada fase pembangunan diperlukan lapangan pekerjaan yang kering, sehingga di perlukan suatu bangunan pengalih aliran untuk mengalihkan aliran air sungai. Pada area yang di keringkan tersebut dapat di mulai pembangunan pondasi bendung utama.

### 1.3.2. Bendung dan sistim Low Head Mikro Hidro

Bendung LOW HEAD MIKRO HIDRO Dusun IV Desa Walatana direncanakan sebagai bendung sederhana dari pasangan batu kali dilapisi beton bertulang dengan mutu K225 setebal 10 cm. Panjang bendung adalah 6,85 meter.



Gambar 4.1. Denah sistim Low Head Mikro hidro Dusun IV desa Walatana

Prosedur perhitungan adalah sebagai berikut:

#### 1. Data

- Tinggi muka air banjir maksimu = 1,10 m
- Lebar rata-rata sungai :  $b = 4,0 \text{ m}$
- Kemiringan tebing talud :  $1 : m = 1 : 1$
- Gradien rata-rata sungai :  $S = 0,003$

#### 2. Luas Penampang Basah :

$$A = (b + mh) h ; = (4 + 1 \times 1,1) \times 1,1 ; A = 5,61 \text{ m}^2$$

#### 3. Keliling Basah

$$P = b + 2h \sqrt{1 + m^2} ; P = 4 + 2 \times 1 \sqrt{1 + 1^2} = 6,82 \text{ m}$$

$$4. \text{ Jari-jari hidrolis : } R = A / P ; R = 0,82 \text{ m ;}$$

$$5. \text{ Koefisien Pengaliran : } C_d = 87 / (1 + 100 / \sqrt{0,82}) ; C_d = 0,78$$

#### 6. Kecepatan aliran sungai

$$V = C_d \sqrt{R \cdot S} ; V = 0,78 \times \sqrt{0,82 \times 0,003} = 0,03 \text{ m/det}$$

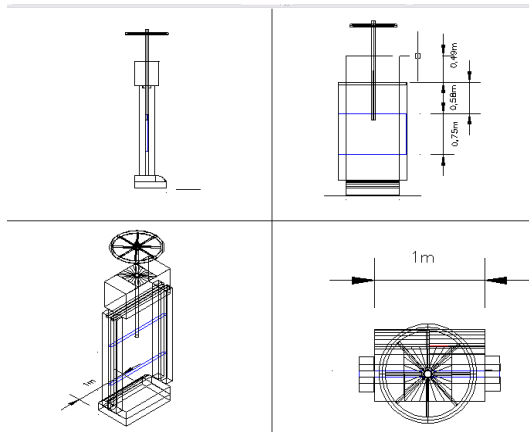
$$7. \text{ Debit sungai pada saat tinggi maksimu : } Q = A \cdot V ; = 0,217 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dari debit sungai hasil perhitungan di atas masuk kedalam sistim saluran pengarah, menuju ke lubang hisap. Lubang tersebut seakan akan menarik air sesuai dengan arah gravitasi, sehingga dapat memutar turbin akibat dari hisapan lubang tersebut.

### Pintu Pengelak dan penguras

Pintu ini berfungsi untuk mengontrol tinggi muka air pada pipa hisap. Sistim pengontrolan ini di lakukan dengan membuka dan menutup pintu. Karena proses ini pula sedimen yang mengendap di dasar saluran pengarah dapat dibuang keluar sehingga saluran pengarah relatif terjaga kebersihannya.

Profil pintu seperti gambar di bawah ini :

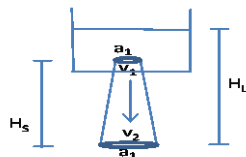


Gambar 4.2. Pintu multi fungsi yaitu sebagai pengelak, pengatur tinggi muka air, dan penguras

Ketika pintu terbuka penuh maka, luas lubang pintu tersebut adalah panjang x lebar =  $1,61\text{m} \times 1\text{m} = 1,6\text{ m}^2$ . Sebagai pengontrol maka dengan diameter sebesar ini maka di harapkan sebagai pintu multi fungsi akan maksimal kinerjanya.

### Lubang pada pipa lepas pada bagian ujung hilir saluran pengarah

Perhitungan desain dasar berdasarkan debit dengan ditentukan terlebih dahulu pipa hisapnya dan debit rancangan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Desain dasar pipa lepas pada Low Head Mikro Hidro

$$\frac{P_1}{\rho} + H_s + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + H_L + \frac{V_2^2}{2g}$$

$v_1$  = Kecepatan pada penampang  $a_1$

$P_1$  = Tekanan pada  $a_1$  berhubungan dengan udara luar maka  $p_1 = 0$

$$\text{sehingga } H_s + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + H_L + \frac{V_2^2}{2g}$$

$g$  = Gravitasi bumi

$H_s$  = Tinggi baling<sup>2</sup> dgn mukaa air di hilir

$H_L$  = Kehilangan tenaga pada pipa lepas

$d_1$  = diameter pada  $a_1$

$d_2$  = diameter pada  $a_2$

$Q$  = Debit yang mengalir

$$H_L = K_2 \frac{V_2^2}{2g}$$

$v_2$  = Kecepatan pada penampang  $a_2$

$P_2$  = Tekanan pada  $a_2$

Data desain :

Q	$d_1$	$d_2$	$a_1$	$a_2$	$v_1$	$v_2$	$g$	$H_L$	$H_s$
0.127	0.950	1.300	0.709	1.327	0.000	0.000	10	0.000	2.220

### 1.3.2.5. Turbin

Adapun analisa desain sama seperti pada perhitungan sebelumnya yaitu, menetapkan terlebih dahulu dengan dasar dasar hidraulika kemudian di analisa kinerjanya, dan kemudian diadakan pengamatan atas kinerja turbin tersebut, untuk mengalami perubahan jika di perlukan.

Desain turbin hasil perhitungan :

$h$	$wQ$	$g$	$r_1$	$r_2$	$a_1$	$a_2$	$v_{a1}$	$v_{a2}$
2	0.127	10	0.05	0.80	0.08	1.26	1.62	0.10

TURBIN

1 Massa Air yang Mengalir Det. 0.013

2 Momentum air yang mengalir masuk dalam arah tangensial / detik 0.021

3 Momen dari momentum 0.001

4 Momentum air yang mengalir keluar dalam arah tangensial / detik 0.001

5 Momen dari momentum ini 0.001

6 Kerja yang dilakukan/detik  $\frac{wQ}{g} (v_{a1}u_1 - v_{a2}u_2)$  0.019

7 Kerja yang dilakukan/kg.  $\frac{v_{a1}u_1 - v_{a2}u_2}{g}$  0.152

8 Efisiensi tinggi tekan  $\eta_A = \frac{v_{a1}u_1 - v_{a2}u_2}{g h}$   $u_1 = u_2$  1.612

### 1.3.2.6. Saluran pembuang setelah melalui Turbin

Dimensi saluran dibuat dengan lebar 2,25 m dengan tinggi 1,22 m dari lantai dasar, panjang saluran mengikuti badan sungai, karena saluran tersebut sejajar dengan badan sungai.

### 1.4. Kapasitas Daya dan Produksi Energi

Daya listrik yang dapat dibangkitkan dihitung dengan memakai persamaan:

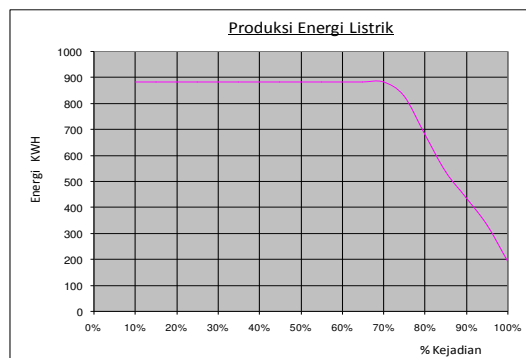
$$P = 9,81 \times Q \times H \times \text{EFF}$$

Dimana,  $P$  = daya (KW),  $Q$  = debit rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ ),  $H$  = Head netto (m) dan  $\square$  = koefisien efisiensi turbin dan generator. Setiap jenis turbin dan pabrik pembuat memiliki tingkat efisiensi yang berbeda. Debit rencana diambil pada kejadian 70 %, sehingga  $Q = 0.172\text{ m}^3/\text{det}$ ,  $H$  netto diperoleh sebesar 9,81 m. Pada kasus ini, efisiensi turbin dan generator dipakai adalah 75 %, Dengan demikian, maka daya listrik output adalah:

$$P = 9,8 \times 0,172 \times 2 \times 0,60 = 2,023\text{ kw}$$

Tabel 4.1. Kapasitas Bangkitan Energi LOW HEAD MIKRO HIDRO Dusun IV Desa Walatana

Kejadian (%)	Debit (m <sup>3</sup> /det)	Debit rencana	Daya	Energi
(%)	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	KW	KWH
5%	0.172	0.172	2.018	
10%	0.172	0.172	2.059	892.8
15%	0.172	0.172	2.059	901.8
20%	0.172	0.172	2.059	901.8
25%	0.172	0.172	2.059	901.8
30%	0.172	0.172	2.059	901.8
35%	0.172	0.172	2.059	901.8
40%	0.172	0.172	2.059	901.8
45%	0.172	0.172	2.059	901.8
50%	0.172	0.172	2.059	901.8
55%	0.172	0.172	2.059	901.8
60%	0.172	0.172	2.059	901.8
65%	0.172	0.172	2.059	901.8
70%	0.172	0.172	2.059	901.8
75%	0.150	0.150	1.805	846.2
80%	0.114	0.114	1.373	696.0
85%	0.094	0.094	1.126	547.3
90%	0.077	0.077	0.921	448.4
95%	0.053	0.053	0.632	340.1
100%	0.022	0.022	0.260	195.3
Energi total per tahun			14,787.7	



Gambar 4.4. Ketersediaan Daya & Produksi Energi

#### 4.5. Pekerjaan Elekto-Mekanik

- Generator,** Generator mengkonversi energi mekanis (dalam bentuk putaran) yang dibangkitkan oleh turbin atau penggerak mula lainnya menjadi energi listrik, generator merupakan jantung dari suatu pembangkit tenaga listrik termasuk pembangkit mikrohidro. Prinsip kerja generator relatif sederhana; yaitu jika sebuah belitan kawat digerakkan melalui garis gaya magnet, maka akan diinduksi gaya gerak listrik pada kawat belitan tersebut.
- Efisiensi generator,** Efisiensi beban penuh untuk generator sinkron bervariasi antara 75 sampai 90 persen, tergantung pada kapasitas generator bersangkutan. Generator berkapasitas lebih besar lebih efisien dan generator 3 fasa umumnya lebih efisien dibandingkan dengan generator 1 fasa.. Efisiensi juga akan mengalami penurunan apabila dibebani rendah dari rating beban penuhnya.(misalnya 50 % dari beban nominalnya).

- Sistem Penggerak,** Untuk membangkitkan tenaga listrik pada frekwensi dan tegangan yang stabil, diperlukan suatu sistem penggerak untuk mentransmisikan daya dari turbin ke poros generator dengan arah dan kecepatan putar yang sesuai. Sistem penggerak yang umum digunakan untuk pembangkit mikrohidro adalah Van belt,
- Kendali beban elektronik,** ELC merupakan perangkat elektronik yang dirancang untuk mengatur daya output sistem mikrohidro. Menjaga beban hampir konstan pada tegangan dan frekwensi generator yang stabil. Kendali ini mengkompensasi variasi beban utama dengan cara merubah secara otomatis jumlah energi listrik yang didisipasikan oleh suatu beban tahanan yang disebut ballast atau beban dumping, untuk menjaga agar beban total dari turbin generator tetap konstan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Stasiun curah hujan dan klimatologi yang dipakai dalam analisis hidrologi adalah menggunakan stasiun Bangga Atas yang dianggap stasiun terdekat dengan wilayah studi.

Dari analisis data curah hujan dan klimatologi, serta topografi mengindikasikan bahwa ada potensi debit sebesar 0,172 m<sup>3</sup> dengan head 4 m.

Dengan asumsi efisiensi turbin dan generator sebesar 70%, maka daya listrik yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 2,032 Kw.

### 5.2. Saran

Sebelum membangun Low Head mikro hidro di dusun IV desa Walatana ini perlu dilakukan kegiatan Disain Rinci (*Detail Engineering Design, DED*).

Pada kegiatan DED, perlu dilakukan pengukuran lebih rinci agar diperoleh volume yang lebih akurat dan biaya pekerjaan yang efisien.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Bambang Trihatmojo (1995), *Hidraulika 1*, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
2. Anonym, (1991), *Peta Rupa Bumi Indonesia*, 2014-63 Gimpubia., BAKOSURTANAL, Bogor.
3. MM Dandekar (1979), *Water Power Engineering*, Vikas Publishing House, Malaviya Regional Engineering College, Jaipur
4. Integrated Microhydro Development and Application Program (IMIDAP) (2008), *Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta*
5. Anonym, (2005), *A Guide to UK Mini Hydro Developments*, The British Hydropower Association.
6. Anonym, (2006), Laporan Curah Hujan dan Klimatologi, Stasiun Bora, SNVT Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Sulawesi Tengah, Palu.
7. Muhammad Suhud, (2003), *Mikrohidro Tanjung Lokang*, Pontianak
8. Anonym, (2006), *Owner's Estimate*, Pemerintah Kabupaten Donggala, Dinas Pertambangan dan Energi.
9. Anonym, (2006), *Kabupaten Donggala Dalam Angka*, Kerja sama Badan Perencanaan Pembangunan Daerah dengan BPS Kabupaten Donggala.
10. SPLN67-27 (1986), *Standar Perusahaan Umum Listrik Negara*. Jakarta
11. Ami Nurman Fauzi (2006), *Studi Kelayakan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Daya 33 KW Di Sungai Cipganti*, Tugas Akhir, Bandung.
12. Bibit Supardi (2006). *Mikrohidro Sebagai Sumber Alternatif Energi Masa Kini* Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
13. Wim Klunne (2003), *Micro And Small Hydropower for Africa*, The Netherlands
14. Patric Wiemann(2000), *Review of Current Developments in Low Head, Small Hydropower*, Civil Engineering Departement, University, of Southampton Highfield, Southampton, UK
15. Arthur William (2007). *Micro hydro for cost-effective lighting*. School of Architecture, Design and the Built Environment, Nottingham, UK
16. Stothert Engineering Ltd.(2003), *Small Hydro Generation Buliding Block Profile*, Ministry of Sustainable Resource management Economic Development Branch
17. Goldsmith, K. (1987). *Small scale Hydro Development for Remote Areas, dalam Water Power and Dam Construction Handbook*. Mc.Graw-Hill, Inc. United State of America.
32. Achmad Hasan (2000). *Pengontrol Beban Elektronik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. P3 Teknologi Konversi dan Konservasi Energi Deputi Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Bandung.